19p-P2-7

III-V 族化合物半導体ナノワイヤ上の強磁性体 MnAs ナノクラスタ複合構造の作製と構造評価

Fabrication and Structural Characterization of Hybrid Structures of Ferromagnetic MnAs Nanoclusers on III-V Compound Semiconductor Nanowires

北海道大学量子集積エレクトロニクス研究センター　○ 藤曲央武、崎田晋哉、原真二郎
RCIQE, Hokkaido University　○ H. Fujimagari, S. Sakita, and S. Hara

【はじめに】電子・光・センサデバイス等に向けた革新的な技術として半導体ナノワイヤ(NW)と呼ばれる垂直自立型細線構造が注目を浴びている。我々はこれまでに MOVPE 選択成長法を用いる事で半導体基板上に半導体 NW の作製[1]を行ってきた。また、同成長法を応用する事により鎖状に配列した MnAs ナノクラスタ(NC)直下を流れる電流方向と印加磁場方向との角度に依存する磁気抵抗効果を報告し[2]、さらに外部印加磁場角度による磁気抵抗効果をより増大する事を目的として、半導体 GaAs NW と強磁性体 MnAs NC による複合構造を作製し、NW を用いたナノスピントロニクスデバイス実現に向けて研究を行ってきた[3]。今回、半導体 NW 上の強磁性体 NC 形成について GaAs NW、GaAsP/GaAs コアシェル NW、AlGaAs/GaAs コアシェル NW、InAs NW の 4 種類の NW をテンプレートとした III-V 族化合物半導体 NW-強磁性体 MnAs NC による複合構造をそれぞれ作製し、構造評価、成長条件依存性の評価を行うことでテンプレート材料依存性を評価したので報告する。

【実験方法】GaAs(111)B 基板上へプラズマ CVD を用いて SiO_2 を堆積し、EB リソグラフィとドライエッチングにより開口直径 50~200 nm、開口周期 0.5~3 μm の周期的な開口部を有するマスク基板を作製した。その後、MOVPE 法により GaAs、GaAsP/GaAs、AlGaAs/GaAs、InAs NW を成長し、続いて各 NW 上に MnAs NC を成長した。MnAs NC の形成にはエンドタキシと呼ばれる成長方式を用いるため、As 原料を供給せずに Mn 原料と H_2 キャリアガスのみを供給した。構造評価には走査型電子顕微鏡(SEM)、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた。

【結果】図 1(a)は GaAs NW に 600°C で MnAs NC を形成した場合の SEM 像である。これまでの研究で既に報告を行ったが、NW 稜線の上部から下部までサイズ均一性の高い NC が高密度に形成した[3]。図 1(b), (c)は 600°C で成長した GaAsP/GaAs NW、AlGaAs/GaAs NW に MnAs NC を形成した SEM 像である。GaAsP/GaAs NW の場合、NW 側面だけではなく上部にも NC が確認できた。一方、AlGaAs/GaAs NW に関しては、GaAs NW 上での場合と大きな違いは見られなかった。MnAs NC はエンドタキシにより、テンプレート NW 中に形成されるが、同じ As 系化合物の AlAs(10~20%)を含む GaAs NW より GaP(~25%)を含む GaAs NW において、より多数の NC が形成された原因は Mn-As よりも Mn-P 結合が形成されやすいためと考えられる[4]。続いて、図 1(d)は InAs NW に 490°C で MnAs NC を形成した場合の SEM 像である。NW の上部及び側面へと多数の NC が形成し、NW は歪みにより屈曲していた。TEM での観察結果から NC は NW 内部へと深く形成しており、In-As は Ga-As 結合に比べて熱的に不安定であるため、エンドタキシによる MnAs への置換反応が促進されたと考えられる。

【参考文献】

[1] J. Noborisaka *et al.*, APL **87**, 093109 (2005)
[2] M. T. Elm *et al.*, PRB **84**, 035309 (2011)
[3] S. Hara *et al.*, JJAP **51**, 11PE01 (2012)
[4] S. Hara *et al.*, Nanotechnology **16**, 957 (2005)

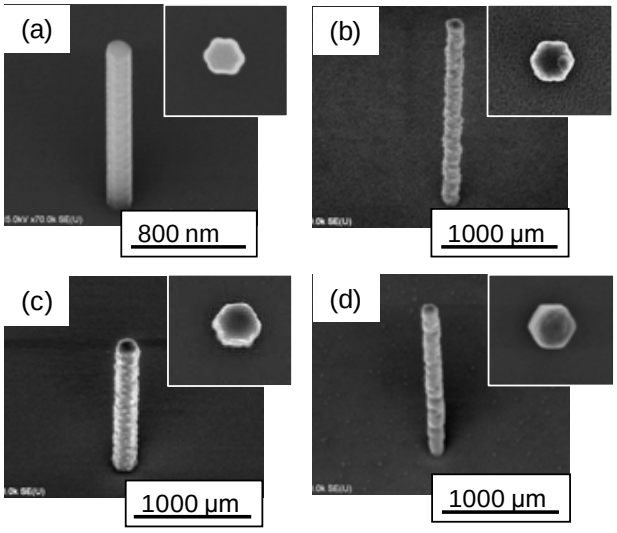

図 1 Mn 原料供給後の (a) GaAs, (b) GaAsP/GaAs, (c) AlGaAs/GaAs, (d) InAs NW.

© 2013 年　応用物理学会